

Un acercamiento empírico a la función de producción de compost para 33 países¹

An empirical approach to the compost production function for 33 countries

David Andrés Camargo Mayorga²

Octavio Cardona García³

Juan Manuel González Guzmán⁴

¹ Artículo derivado del proyecto de investigación INV-ECO-2333 “Análisis económico del proceso de vermicompostaje como alternativa de disposición eficiente para biosólidos PTAR UMNG (Cajicá)” financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada en la vigencia 2017.

² Docente de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Militar Nueva Granada. Correo electrónico: david.camargo@unimilitar.edu.co

³ Asistente de investigación adscrito al proyecto de investigación INV-ECO-2333, Universidad Militar Nueva Granada. Correo electrónico: octavio.cardona.g@gmail.com

⁴ Docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada. Correo electrónico: juan.gonzalez@unimilitar.edu.co

Resumen

La literatura económica relacionada con el compostaje tiene un marcado sesgo hacia la inclusión de análisis de casos y de costo-beneficio. Son pocos o casi nulos los estudios dedicados a un análisis microeconómico de los procesos de producción de compost. Algunas de las razones que explican este vacío en la literatura van desde la falta de teorías económicas que expliquen algunos fenómenos ambientales, hasta la carencia de datos relacionados con el compostaje. El objetivo de este artículo es plantear una función de producción de compost usando métodos econométricos para 33 países en el periodo 2011-2016. Mediante un sistema de ecuaciones se construye una función de producción tipo Cobb-Douglas linealizada que sirve como aproximación del comportamiento y los rendimientos de este producto para uso agrícola. La conclusión más significativa, es que los rendimientos del capital y del trabajo agrícola, fueron decrecientes de escala.

Abstract

The economic literature related to composting has a marked bias towards the inclusion of case analysis and cost-benefit analysis. Studies dedicated to a microeconomic analysis of compost production processes are few or nil. Some of the reasons that explain this gap in the literature range from the lack of economic theories that explain some environmental phenomena, to the lack of data related to composting. The objective of this article is to propose a function of compost production using econometric methods for 33 countries in the period 2011-2016. Through a system of equations, a linearized Cobb-Douglas type production function is constructed that serves as an approximation of the behavior and yields of this product for agricultural use. The most significant conclusion is that the returns to capital and agricultural labor were decreasing to scale.

Keywords: Compost, Production function, Solid waste.

Palabras clave: Compostaje, Función de producción, Residuos sólidos.

Códigos Jel: D24, Q15, Q56.

Introducción

La existencia humana conlleva la generación de desechos, bien sea porque se generan en los hogares, en los lugares de trabajo o en las áreas de ocio. La recolección y tratamiento de estos desechos es una preocupación social por cuestiones de salud y de carácter económico. A medida que la población humana se incrementa, la generación de desechos crece así como los problemas para manejar los residuos generados (Arlosoroff, 1985).

El compostaje es una práctica de manejo de los residuos y los estudios especializados en este tema se han caracterizado por analizar la composición bioquímica del compost bajo diferentes circunstancias ambientales y métodos de elaboración. Lo anterior se ha evidenciado en la gran cantidad de estudios de tipo bioquímico relacionados con el tema y en la falta de estudios de tipo económico, diferentes a las valuaciones de proyectos ambientales y los estudios de caso (Camargo, Cardona & González, 2017a).

Adicionalmente, el rezago en los estudios de tipo económico parece responder a una falta de incentivos por parte de los investigadores, para tratar de llevar adelante esta clase de investigaciones. Algunas de las explicaciones pueden ser la falta de teorías pertinentes desde la economía, insuficiencia en los datos y la no existencia de un mercado definido para el compost.

Es conveniente mencionar que la relevancia de estudios de tipo económico para los temas ambientales y ecológicos, se ve respaldada por el impacto que las dinámicas del mercado generan sobre la naturaleza y los recursos que de ella se extraen.

El problema con el compostaje es que aún sigue siendo una actividad artesanal en todos los países, incluso en aquellos de ingresos altos, en donde se destinan fondos para la recuperación de residuos (Camargo, Cardona & González, 2017b). Sumado a lo anterior, los elevados costos de capital que implica construir plantas de tratamiento de aguas residuales y disposición de basura representan una gran barrera para que se pueda constituir un mercado

para el aprovechamiento de los residuos sólidos en forma de compost.

Según lo anterior, en el presente documento se pretende estimar una función de producción de compost para 33 países. Los datos para el modelo que se propone pertenecen a la base Passport Euromonitor, y están expresados en forma de datos panel desde el año 2011 al 2016. Además, dentro de los resultados principales, se pudo apreciar que los rendimientos del capital y el trabajo son decrecientes y que la contribución de la generación de residuos sólidos como insumo del sistema, son el factor más importante, igualmente todo el modelo es conjuntamente significativo.

Este documento se ordena de la siguiente manera: primero, una introducción; segundo, la descripción de algunos antecedentes relacionados con las funciones de producción aplicadas a otros casos; tercero, la descripción de la metodología propuesta; cuarto, los resultados de la estimación; y quinto, las conclusiones.

Antecedentes

La mayoría de las investigaciones enfocadas en la producción de compost se han dedicado principalmente al estudio de los componentes químicos. No obstante, también se han elaborado algunos estudios desde una perspectiva económica, en donde se busca determinar la participación del compost en la productividad de algunos cultivos. Uno de ellos es el de Jackson, Ramírez, Yokota, Fennimore, Koike & Henderson (2004), en donde se elabora un análisis químico, económico y estadístico del rendimiento del suelo para cultivos en California. En la misma línea de investigación también se encuentran los trabajos de Aguilar, González, de León & Porcel (1997) y el de Arancon, Edwards, Bierman, Welch, & Metzger (2004). De otro lado, Pérez-Murcia, Moral & Moreno-Caselles (2006) consideran como materia prima de la elaboración de compost a los lodos pertenecientes a aguas residuales para abonar cultivos de brócoli, ejecutan un análisis químico, pero al mismo tiempo utilizan estadísticos para conocer los efectos sobre la productividad del cultivo.

Dentro de este tipo de investigaciones, es destacable también la de Kan, Ayalon & Federman

(2008), en donde se elabora una función de producción de compost para 42 cultivos en Israel, recurriendo a un modelo de programación matemática. Este modelo llama la atención porque recoge diferentes aspectos importantes dentro de un mercado, como son los precios y el rendimiento del compost.

Es preciso decir que los documentos encontrados sobre compostaje no tienen un enfoque económico, porque como lo explican Camargo, Cardona & González (2017b), poner en funcionamiento plantas de tratamiento de residuos sólidos tiene costos elevados, además no existe un mercado completamente definido para la producción de este abono de origen natural. Datos de Hoornweg & Bhada-Tata (2012), revelan que apenas el 1% de los residuos sólidos son destinados a la elaboración de compost en países con ingresos bajos y medios. Considerando la anterior situación, se refuerza la explicación de por qué existen pocos datos históricos e investigaciones que expliquen lo que ocurre con esta forma de reutilización de residuos.

Otras investigaciones sobre el tema se enfocan en los aspectos económicos subyacentes al proceso. Dentro de estos estudios existen dos que contrastan perfectamente lo que pasa con la generación y uso del compost en el mundo. Por un lado, Chen (2016) identifica mediante un análisis costo-beneficio para Taiwán, que el compostaje de desechos de comidas genera mayores beneficios que otros métodos, y que las firmas privadas son más productivas que las alianzas públicas, que han dado pérdidas por la poca expansión de esta práctica. De otro lado está el caso de la India, descrito por Mazumdar (2007), en donde se expone que incluso cuando la tecnología es barata y fácil de adquirir, las alianzas público-privadas están restringidas debido a la calidad de los requisitos, el mercadeo y los problemas con los precios. No obstante, para este último caso han venido cambiando las condiciones en los últimos diez años.

Un documento que da claridad sobre la insuficiencia de la teoría económica para abordar el tema del compostaje, pero que además presenta una metodología cuantitativa usando modelos econométricos, es el de Park, Lamons & Roberts (2002). En el mencionado trabajo se presentan al menos tres aspectos fundamentales: el primero, es que la investigación se

inclina hacia el análisis de la producción de compost en el hogar, es decir una manufactura esencialmente informal; en segundo lugar, se expresa la imposibilidad de estimar los precios en este tipo de producción, dado que las familias se enfrentan a unos costos marginales (precios) de cero. De ahí que la teoría económica haya preferido trasladar el análisis a factores no relacionados con los precios; como tercer y último aspecto, se usó modelos logit, en donde la variable dependiente indicó si las familias compostaban activamente césped, hojas, recortes de árboles y arbustos, y las variables independientes identificando comportamientos, influencia del entorno, conocimientos, aspectos institucionales y características socioeconómicas.

Desde otra perspectiva, Qi & Roe (2017) en un estudio experimental encuentran que proporcionar información a estudiantes universitarios sobre lo negativo del desperdicio de alimentos reduce la propensión para crear desperdicios en comparación con otros sujetos. Sin embargo, si a estos sujetos se les informa que el desperdicio de alimentos del estudio será compostado, la propensión a crear desperdicios de alimentos aumenta, lo cual se cataloga como un efecto de rebote informativo.

En un último grupo está la literatura de análisis de casos y de costo-beneficio. En la tabla 1 se recolectan aquellos que están directa o indirectamente relacionados con la producción de compost, a partir del manejo de los residuos sólidos.

Tabla 1. Investigaciones sobre manejo de residuos sólidos y producción de compost

Autor(es)	Objetivo	Metodología	Hallazgos
Pham Phu, Hoang & Fujiwara (2018)	Analizar las características de los desechos y las prácticas de gestión de 120 hoteles en Hoi An (Vietnam)	Cuantitativa. Análisis estadístico.	Encontraron que la tasa de generación de desperdicios de los establecimientos

			<p>analizados está fuertemente correlacionada con la escala del hotel, el precio de la habitación, el jardín y el restaurante.</p> <p>Hallaron que la tasa de prácticas de gestión de residuos era proporcional a la escala del hotel.</p>
Varela-Candamio, Calvo & Novo-Corti (2018)	Examinar el papel de los subsidios públicos en la eficiencia agrícola para España.	<p>Regresión no paramétrica para determinar la eficiencia de la granja según factores específicos (tamaño económico, comportamiento respetuoso con el medio ambiente y aspectos regionales).</p>	<p>Este análisis sugiere que las subvenciones se convierten en un incentivo para el comportamiento respetuoso del medio ambiente por parte de los agricultores a fin de mejorar la eficiencia productiva.</p>
Abbott,	Analizar la percepción	Modelo de Mínimos	Los hallazgos

<p>Nandeibam & O'Shea (2017)</p>	<p>que en los hogares existen sobre si los diferentes modos de reciclaje son sustitutos o complementos y si la relación percibida depende del tipo de material reciclado.</p>	<p>Cuadrados en tres etapas (3SLS).</p>	<p>empíricos son ambiguos en la compensación entre el reciclado en la acera y el que no está en la acera.</p>
<p>Aprilia, Tezuka & Spaargaren (2012)</p>	<p>Elaborar una evaluación económica de los residuos sólidos residenciales en Jakarta (Indonesia).</p>	<p>Estimación de costo-beneficio, aplicando tasas de descuento.</p>	<p>El compostaje comunal tiene el potencial más alto, no obstante, su uso es demasiado incipiente.</p>
<p>Bates & Haworth (2001)</p>	<p>Evaluar económicamente la reducción de emisiones de metano en el sector de residuos.</p>	<p>Estimación de costos y rentabilidad por emisión de CO₂</p>	<p>La estimación potencial se ve limitada, porque la cantidad de datos es insuficiente.</p>
<p>Banco Mundial (1998)</p>	<p>Discutir la relación entre la evaluación ambiental y el análisis económico.</p>	<p>Estudios de evaluación económica desde la perspectiva de costo-beneficio. Guía de aplicación.</p>	
<p>Múnera (2004)</p>	<p>Describir los diferentes métodos de valoración propuestos desde la</p>	<p>Descripción de metodologías para valorar impactos</p>	

	<p>economía ambiental, considerando ventajas y desventajas de su aplicación.</p>	<p>ambientales.</p>	
<p>Tomasini (2000)</p>	<p>Analizar las valoraciones económicas de proyectos ambientales.</p>	<p>Revisión de literatura. Análisis microeconómico.</p>	
<p>Lowrance, Hendrix & Odum (1986)</p>	<p>Analizar la agricultura como un sistema jerárquico. Proponer una definición de sostenibilidad agrícola.</p>	<p>Trabajo de reflexión teórica</p>	<p>Encuentran que se puede definir la sostenibilidad como: alimentaria, mayordomía y comunidad. Además plantean que analizar la agricultura como un sistema jerárquico es la forma adecuada de incorporar diferentes conceptos de sostenibilidad (agronómica, microeconómica, ecológica, macroeconómica).</p>

Fuente: Elaboración propia.

Metodología

La función de producción⁵ de compost se estima mediante un modelo de mínimos cuadrados en tres etapas. La ventaja que ofrece este tipo de modelos es que permiten utilizar ecuaciones múltiples, por lo tanto, se pueden trabajar con variables que son endógenas. El uso de este modelo responde esencialmente a la naturaleza de los datos, debido a que algunas de las variables son endógenas y no pueden ser excluidas arbitrariamente.

Para poder desarrollar el sistema de ecuaciones, y teniendo en cuenta que los factores de producción se clasifican en tres grandes categorías: capital, trabajo y materias primas (Varian, 2016); como variable dependiente se consideró a la *producción de compost en toneladas*; mientras que las variables explicativas escogidas fueron: *inversión neta en activos no financieros (NI) como porcentaje del PIB* (como variable proxy del capital), *la cantidad de trabajadores del sector agrícola* (como variable trabajo) y *los residuos municipales* (como la variable relativa a los insumos utilizados), siendo estas dos últimas endógenas. Cabe mencionar que estas variables constituyen un panel de datos desde el año 2011 hasta el 2016 y fueron obtenidas de las fuentes: Passport Euromonitor y Banco Mundial.

Los 33 países considerados se seleccionaron por su cantidad de datos disponibles para evitar los valores perdidos. Treinta y uno de estos países hacen parte del continente europeo: Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, República de Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía y Reino Unido; dos son del continente asiático: China y Japón.

Teniendo en cuenta lo anterior, se construyó un sistema de ecuaciones linealizado con logaritmos naturales de la función Cobb-Douglas que tiene la siguiente forma:

$$\ln(Y) = \ln(A) + \alpha \ln(NI) + \beta \ln(L) + \delta \ln(MW) \quad (1)$$

⁵ Para más información sobre la técnicas econométricas que se usan para la estimación de funciones de producción, se puede consultar el trabajo de Toro, García, Aguilar, Acero, Perea & Vera (2010).

$$\ln(MW) = \ln(wg_ag) + \ln(wg_h) + \ln(wg_m) + \ln(wg_s) + \ln(wg_w) \quad (2)$$

$$\ln(L) = \ln(PIB_{PPA}) \quad (3)$$

$$\ln(wg_w) = \ln(wwg) + \ln(rwg) + \ln(wg_c) + \ln(wg_mq) + \ln(wg_e) \quad (4)$$

En donde,

Y= Producción de compost en miles de toneladas

NI = Inversión nacional neta en activos no financieros

L= Trabajo agrícola en cantidad de trabajadores

MW= Residuos municipales en miles de toneladas

wg_ag= Residuos generados por la agricultura en miles de toneladas

wg_h= Residuos generados por los hogares en miles de toneladas

wg_m=Residuos generados por la industria manufacturera en miles de toneladas

wg_s= Residuos generados en la industria de servicios en miles de toneladas

wg_w= Residuos generados por la disposición de agua en miles de toneladas

wwg= Residuos generados por residuos de madera en miles de toneladas

rwg= Residuos reciclables generados en miles de toneladas

wg_c= Residuos generados por construcción en miles de toneladas

wg_mq= Residuos generados por minas y excavación en miles de toneladas

wg_e= Residuos generados por electricidad, gas, vapor y aire acondicionado en miles de toneladas

PIB_{PPA}= Producto interno bruto per cápita a valores de paridad de poder adquisitivo en dólares

El modelo construido ha permitido identificar una forma aproximada de la función de producción de compost, sin embargo los datos tienen algunos limitantes que deben ser mencionados. Lo primero es que la base, aunque es tratada como un pool de datos, es un

panel de datos desbalanceado, lo que significa que existen algunos valores o variables pérdidas dentro de los diferentes países. Segundo, la utilización de la NI como variable aproximada de la inversión responde principalmente a que para el caso de los países seleccionados, esta es la variable que más se asemeja al capital, considerando la carencia de literatura previa que respaldará su escogencia, la información estadística limitada y la no existencia de un mercado definido para el compost, siendo esta la mejor opción para estimar el modelo. Tercero, se seleccionó el trabajo agrícola, medido en cantidad de trabajadores como factor productivo trabajo, porque la producción de compost en los países de ingresos medios se hace a través de proyectos a nivel comunal, y en naciones de altos ingresos en escalas pequeñas y para uso de jardinería (Camargo, Rodríguez, Cardona & González, 2017b), haciendo uso mayormente de material orgánico para fabricar compost según las cifras de Naciones Unidas (2015), de donde se deduce que se emplea factor trabajo de áreas rurales dedicadas a la agricultura que utilizan actividades de cultivo, huertos, viñedos, lecherías, corrales de crianza, granjas y demás, desperdicios de alimentos estropeados, desechos agrícolas (cáscaras de arroz, tallos de algodón, residuos de café, etc.), desechos peligrosos (plaguicidas) para la composta (Hoorweg & Bhada-Tata, 2012). Cuarto, los residuos municipales, se incluyen en el modelo econométrico porque los residuos industriales, institucionales, comerciales, residenciales, sanitarios y agrícolas contienen residuos orgánicos de los que se produce compost.

Finalmente, teniendo en cuenta que el modelo planteado corresponde a una aproximación empírica, se debe interpretar con precaución los coeficientes que resultan de la estimación, fijando la atención especialmente en la significancia de los mismos y en sus signos.

Resultados

La tabla 2 contiene los resultados de la regresión para el sistema de ecuaciones propuesto.

Tabla 2 Resultados de la estimación

Equación	Obs	Paramétros	RMSE	R-cuadrado	chi2	P
lcomp	141	3	0.698	0.861	943.730	0.000
lmw	141	5	0.259	0.999	158056.620	0.000
lfta	141	1	1.278	0.213	48.000	0.000
lwg_w	141	5	0.5537558	0.9078	1341.16	0.000

	Coef.	Err. Estd.	P>z
Var. Dependiente	Lcomp		
NI	0.131	0.055	0.018
lfta	-0.714	0.077	0.000
lmw	1.747	0.075	0.000
_cons	-0.137	0.521	0.793
Var. Dependiente	Lmw		
lwg_ag	-0.028	0.013	0.028
lwg_h	0.863	0.036	0.000
lwg_m	0.132	0.026	0.000
lwg_s	0.131	0.040	0.001
lwg_w	-0.090	0.0313054	0.004
Var. Dependiente	Lfta		
lpib	-1.858	0.268	0.000
_cons	31.482	2.804	0.000

Var. Dependiente	lwg_w		
lwwg	-0.181	0.066	0.006
lrwg	1.077	0.115	0.000
lwg_c	0.122	0.048	0.011
lwg_mq	-0.048	0.018	0.006
lwg_e	0.176	0.033	0.000
_cons	-1.925	0.346	0.000

Fuente: Cálculos de los autores

Las primeras características destacables del modelo, resultan de analizar la significancia global y el coeficiente de determinación en cada una de las regresiones. En todos los casos las variables fueron estadísticamente significativas, y con la excepción de la ecuación para la fuerza de trabajo, en donde el PIB per cápita PPA solo explica el 21% de su variación, las demás variables fueron explicadas a un nivel por encima del 80%.

En la ecuación para los residuos generados en la municipalidad (lmw), el donde el R-cuadrado es de 0.99, esto puede sugerir que efectivamente existió una relación lineal entre las variables, y por ende deben ser tratadas como endógenas, así como efectivamente se hizo en el modelo, evitando incluirlas en la versión general del mismo, ósea en la función de producción.

De otro lado, las variables explicativas del modelo general son conjuntamente significativas.

La fuerza de trabajo en el campo, la inversión neta en activos no financieros y los residuos municipales fueron significativos individualmente, con una influencia directa y más que proporcional en el caso de los residuos. Asimismo, todo el modelo explica el 86,1% de la variación en la producción de compost para los 33 países objeto del análisis.

Para terminar, ya que los valores absolutos de los coeficientes del capital y el trabajo fueron menores que uno, y teniendo en cuenta que se trata de una función Cobb-Douglas, se puede

inferir que los rendimientos de la producción de compost son decrecientes de escala.

Conclusiones

La literatura económica relacionada con el tema del compostaje se ha dedicado principalmente a los análisis de tipo costo-benéfico y en general a las evaluaciones de proyectos. En general, con excepción de un puñado de estudios, las investigaciones rara vez están enfocadas hacia la explicación del consumo y la producción de compost en diferentes lugares del mundo o a estudios multinacionales. Lo anterior responde en esencia a una restricción de acceso a los datos del mercado de compost, dado que este aún es informal en muchos países (Lamons & Roberts, 2002).

La estimación de la función de producción, para los países mencionados, arrojó que el factor trabajo que se utilizó en el campo y los insumos explican la producción de compost, en otras palabras, los residuos municipales, fueron significativos individualmente para el modelo. Además, el modelo especificado, explica en más del ochenta por ciento la producción de compost para los países seleccionados.

Por último, se identificó que los rendimientos de escala fueron decrecientes, esto puede significar que mucho más trabajo del campo dedicado a la producción de compost, no se refleja necesariamente en un aumento de la producción del mismo, las razones de este comportamiento se escapan del alcance del documento, pero pueden ser un buen tema para tratar en futuras investigaciones, así como estimaciones que incluyan otras variables a las que no se tuvo acceso como por ejemplo, el número de plantas de tratamiento de agua o los apoyos del sector público o sobre las alianzas público-privadas para producir compost.

Referencias

- ABBOTT, A., NANDEIBAM, S. & O'SHEA, L. (2017). The displacement effect of convenience: the case of recycling. *Ecological Economics*, 136, pp. 159-168. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.01.020
- AGUILAR, F., GONZÁLEZ, P., DE LEÓN, J. & PORCEL, O. (1997). Agricultural Use of Municipal Solid Waste on Tree and Bush Crops. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67(1), 73-79.
- APRILIA, A., TEZUKA, T., & SPAARGAREN, G. (2012). Economic Evaluation of Household Solid Waste Management in Jakarta, Indonesia. DOI: 10.5772/51464
- ARANCON, N., EDWARDS, C., BIERMAN, P., WELCH, C., & METZGER, J. (2004). Influences of Vermicomposts on Field Strawberries: 1. Effects on Growth and Yields. *Bioresource Technology*, 93(2), 145-153.
- ARLOSOROFF, S. (1985). WB/UNDP — Integrated Resource Recovery Project: Recycling of Wastes in Developing Countries. In: CURI K. (eds) *Appropriate Waste Management for Developing Countries*. Springer, Boston, MA. DOI: https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1007/978-1-4613-2457-7_6
- BANCO MUNDIAL (1998). *Economic Analysis and Environmental Assessment. Environmental assessment sourcebook update N° 23*. Environment Department, The World Bank. Available in: <http://siteresources.worldbank.org/INTSAFEPOL/1142947-1118039018606/20526257/Update23EconomicAnalysisAndEAApril1998.pdf>
- BATES, J., & HAWORTH, A. (2001). Economic evaluation of emission reductions of methane in the waste sector in the EU: Bottom-up analysis. Final Report, *Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change*. Available in: <https://pdfs.semanticscholar.org/2969/e022421232a58afecb276929b43379b793f2.pdf>

- CAMARGO, D., CARDONA, O., & GONZÁLEZ, J. (2017a). Valuación económica del vermicompostaje, ¿Vacíos en la literatura? Revista de investigación, ciencia y tecnología de la Emsub (3).
- CAMARGO, D., CARDONA, O., & GONZÁLEZ, J. (2017b). Los residuos sólidos y su tratamiento a nivel global: Un análisis de datos panel aplicado al caso del compostaje. En: III Simposio Sostenibilidad y Empresa, Pontificia Universidad Javeriana, Octubre 11.
- CHEN, Y.-T. (2016). A Cost Analysis of Food Waste Composting in Taiwan. Sustainability (8), 1-13.
- HOORNWEG, D., & BHADA-TATA, P. (2012). What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. World Bank, Washington, DC.
- JACKSON, L., RAMÍREZ, I., YOKOTA, R., FENNIMORE, S., KOIKE, S., & HENDERSON, D. (2004). On-farm Assessment of Organic Matter and Tillage Management on Vegetable Yield, Soil, Weeds, Pests, and Economics in California. Agriculture, Ecosystems and Environment, 103(3), 443-463.
- KAN, I., AYALON, O., & FEDERMAN, R. (2008). Economic efficiency of compost production: the case of Israel. Discussion Papers 42831, Hebrew University of Jerusalem, Department of Agricultural Economics and Management.
- LOWRANCE, R., HENDRIX, P. & ODUM, E. (1986). A hierarchical approach to sustainable agriculture. American Journal of Alternative Agriculture, 1(4), 169-173. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0889189300001260>Published
- MAZUMDAR, N. (2007). Composting Municipal Solid Waste: the Indian scenario. International Journal of Environmental Technology and Management (7), 326-350.
- MÚNERA, J. D. (2004). Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación. Semestre Económico Universidad de Medellín, 7(13), 160-192.
- NACIONES UNIDAS (2015). Global Waste Management Outlook (GWMO). Waste – still a global challenge in the 21st century. UNEP, ISWA. Available in:

<http://web.unep.org/ourplanet/september-2015/unep-publications/global-waste-management-outlook>

PHAM PHU, S., HOANG, M. & FUJIWARA, T. (2018). Analyzing solid waste management practices for the hotel industry. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 4(1), 19-30. DOI: 10.22034/gjesm.2018.04.01.003

QI, D. & ROE, B.E. (2017). Foodservice composting crowds out consumer food waste reduction behavior in a dining experiment. *American Journal of Agricultural Economics*, 99 (5), 1159-1171. DOI: 10.1093/ajae/aax050

TOMASINI, D. (2000). *Valoración económica del ambiente*. Buenos Aires: Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento Agrícola.

TORO, P., GARCÍA, A., AGUILAR, C., ACERO, R., PEREA, J., & VERA, R. (2010). Modelos econométricos para el desarrollo de funciones de producción. Universidad de Córdoba, España.

VARELA-CANDAMIO, L., CALVO, N. & NOVO-CORTI, I. (2018). The role of public subsidies for efficiency and environmental adaptation of farming: A multi-layered business model based on functional foods and rural women. *Journal of Cleaner Production*, 183, 555-565. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.109>

VARIAN, H. (2016). *Microeconomía intermedia*. Novena edición. Bogotá: Antoni Bosch editor, Alfaomega.